



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G10K 11/34, H04R 27/00		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/03438
			(43) Date de publication internationale: 30 janvier 1997 (30.01.97)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR96/01083		(81) Etats désignés: CA, IL, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Date de dépôt international: 11 juillet 1996 (11.07.96)			
(30) Données relatives à la priorité: 95/08543 13 juillet 1995 (13.07.95) FR		Publiée Avec rapport de recherche internationale.	
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SOCIÉTÉ POUR LES APPLICATIONS DU RETOURNEMENT TEMPOREL [FR/FR]; 10, rue de Bellevue, F-92150 Suresnes (FR).			
(72) Inventeurs; et			
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): FINK, Mathias [FR/FR]; 16, rue Edouard-Laferrrière, F-92160 Meudon (FR). LEWINER, Jacques [FR/FR]; 7, avenue de Suresnes, F-92210 Saint-Cloud (FR).			
(74) Mandataires: LOISEL, Bertrand etc.; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris cédex 09 (FR).			

(54) Title: ACOUSTIC WAVE FOCUSING METHOD AND DEVICE

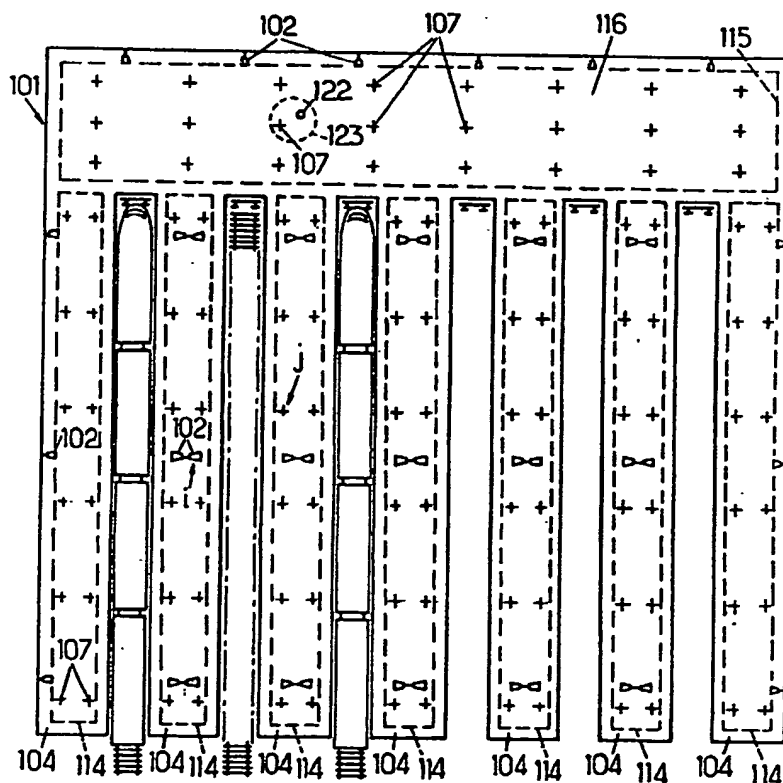
(54) Titre: PROCÉDE ET DISPOSITIF DE FOCALISATION D'ONDES ACOUSTIQUES

(57) Abstract

A method for making public announcements in a space (101) using n speakers (102) after having determined the impulse response $h_{ij}(t)$ between a plurality of calibration points j belonging to said space and each speaker i . To transmit an information-bearing acoustic signal $S(t)$ through at least one target area (114, 115, 123) in the space in which announcements are to be made, each speaker i is made to transmit a signal (a), where j is an index representing calibration points in the target area.

(57) Abrégé

Il s'agit d'un procédé pour sonoriser un espace (101) au moyen de n haut-parleurs (102), après avoir déterminé la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ entre plusieurs points de calibration j appartenant à cet espace et chaque haut-parleur i . Pour transmettre un signal acoustique $S(t)$ porteur d'informations dans au moins une zone cible (114, 115, 123) appartenant à l'espace à sonoriser, on fait émettre par chaque haut-parleur i un signal (a), où j est un indice représentatif des points de calibration appartenant à la zone cible.



BEST AVAILABLE COPY

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Autriche	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brésil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

Procédé et dispositif de focalisation d'ondes acoustiques.

La présente invention est relative aux procédés et dispositifs de focalisation d'ondes acoustiques.

5 Selon un premier aspect, l'invention concerne plus particulièrement un procédé pour sonoriser un espace perturbant la propagation des ondes acoustiques afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques au moyen d'un nombre n de haut-parleurs, 10 n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comportant des étapes de sonorisation au cours desquelles on transmet au moins un signal acoustique $S(t)$ porteur d'informations dans au moins une zone, dite "zone cible", qui appartient à l'espace à sonoriser, cette transmission étant 15 réalisée en faisant émettre des signaux acoustiques $s_i(t)$ par au moins un sous-ensemble de haut-parleurs dits "actifs", lequel sous-ensemble comporte au moins un haut-parleur choisi parmi les n haut-parleurs susmentionnés.

On connaît de nombreux exemples d'espaces perturbant 20 la propagation des ondes acoustiques. On peut citer, entre autres exemples :

- les gares et aérogares, ou plus généralement les lieux publics dans lesquels des réflexions multiples des ondes sonores rendent difficilement compréhensibles les 25 messages sonores diffusés à l'intention des usagers,

- et les espaces dans lesquels seraient disposés au moins localement des milieux multidiffuseurs, c'est-à-dire des milieux dans lesquels sont dispersés ou répartis des éléments réfléchissant ou diffusant individuellement les 30 ondes acoustiques, avec une absorption faible, de nature à provoquer un étalement d'au moins un ordre de grandeur de la durée d'une impulsion acoustique.

La présente invention a notamment pour but d'optimiser la transmission d'informations à l'intérieur d'un tel 35 espace.

A cet effet, selon l'invention, un procédé du genre

en question est essentiellement caractérisé en ce qu'au cours de chaque étape de sonorisation, chaque haut-parleur actif i émet un signal

5
$$s_i(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S(t),$$

où :

- 10 . $h_{ij}(-t)$ représente l'inversion temporelle de la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$, préalablement déterminée et mémorisée, entre le haut-parleur i et un point j prédéterminé dit "de calibration" appartenant à la zone cible, la zone cible comprenant un nombre p de points de calibration, p étant un entier naturel au moins égal à 1, la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ correspondant au signal acoustique reçu au point j
- 15 lorsque le haut-parleur i émet une courte impulsion acoustique,
- . et les coefficients a_j sont des coefficients de pondération prédéterminés.

20 Grâce à ces dispositions, qui permettent une focalisation acoustique vers la zone cible, les informations transmises sous forme d'ondes acoustiques sont reçues de façon parfaitement claire dans la zone cible, et de façon beaucoup moins claire en dehors de la zone cible, ce qui ne présente aucun inconvénient et peut même constituer un

25 avantage important dans la mesure où la zone cible est choisie de façon adaptée.

Dans des modes de réalisation préférés du premier aspect de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

- 30 - les coefficients de pondération a_j sont tous égaux à 1 ;
- le sous-ensemble de haut-parleurs actifs comprend tous les haut-parleurs de l'espace à sonoriser ;
- le nombre p de points de calibration de la zone
- 35 cible est au moins égal à 2 ;
- le nombre n de haut-parleurs est au moins égal à 2 ;

- le signal $S(t)$ correspond au moins en partie à un signal sonore choisi parmi les signaux représentatifs de la voix humaine et les signaux représentatifs de morceaux musicaux ;

5 - l'espace à sonoriser est un lieu recevant du public, et les signaux $S(t)$ correspondent au moins en partie à des messages d'information du public ;

 - au cours d'au moins certaines des étapes de sonorisation, on sonorise simultanément un nombre q de zones cibles, où q est un entier naturel au moins égal à 2, chaque haut-parleur actif i émettant alors la superposition de q signaux acoustiques $s_{i,k}(t) = \sum_j a_{j,i} \cdot h_{i,j}(-t) \otimes S_k(t)$, où k est un

15 entier naturel compris entre 1 et q correspondant à chaque zone cible, $S_k(t)$ représentant le signal acoustique porteur d'informations destiné à être diffusé dans la zone cible d'indice k : on utilise ainsi la propriété susmentionnée du
20 procédé selon l'invention, selon laquelle chaque signal $S_k(t)$ est parfaitement reçu dans la zone cible k , mais très mal reçu, ou pas reçu du tout, dans les autres zones cibles ;

 - la zone cible considérée dans au moins certaines
25 des étapes de sonorisation est une zone la plus réduite possible comprenant au moins un point de calibration et dans laquelle se trouve au moins une personne destinataire d'un message vocal représenté par le signal $S(t)$.

 Par ailleurs, le premier aspect de l'invention a
30 également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus, pour sonoriser un espace perturbant la propagation des ondes acoustiques, ce dispositif comportant :

 - un nombre n de haut-parleurs répartis à l'intérieur dudit espace, n étant un entier naturel au moins égal à 1,

 - au moins une voie d'entrée pour recevoir un signal $S(t)$ porteur d'informations à transmettre sous forme d'ondes

acoustiques dans au moins une zone, dite zone cible, qui appartient à l'espace à sonoriser, cette transmission étant réalisée en faisant émettre des signaux acoustiques $s_i(t)$ par au moins un sous-ensemble de haut-parleurs dits actifs, lequel sous-ensemble comporte au moins un haut-parleur choisi parmi les n haut-parleurs susmentionnés,

- un système de traitement de signal pour déterminer chaque signal $s_i(t)$ par la formule :

$$s_i(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S(t), \text{ où :}$$

. $h_{ij}(-t)$ représente l'inversion temporelle de la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$, préalablement déterminée et mémorisée, entre un haut-parleur actif i et un point j prédéterminé dit "de calibration" appartenant à la zone cible, la zone cible comprenant un nombre p de points de calibration, p étant un entier naturel au moins égal à 1, et la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ correspondant au signal acoustique reçu au point j lorsque le haut-parleur i émet une courte impulsion acoustique,

. et les coefficients a_j sont des coefficients de pondération prédéterminés, le système de traitement de signal étant relié à la voie d'entrée pour recevoir le signal $S(t)$ et aux différents haut-parleurs pour leur transmettre respectivement les signaux $s_i(t)$.

Avantageusement, ce dispositif comporte en outre des moyens pour sélectionner la zone cible au sein de l'espace à sonoriser.

*

* *

Selon un deuxième aspect, la présente invention a pour objet un procédé et un dispositif de focalisation et de compression temporelle d'énergie acoustique. Le terme "acoustique" doit être pris dans un sens général, sans le limiter aux fréquences audibles. Il est même susceptible de s'appliquer aux ondes radio-électriques, dans la mesure où elles ont un

mode de propagation qui se rapproche de celui des ondes acoustiques.

L'invention est applicable dans de nombreux domaines de la technique, parmi lesquels on peut citer les suivants.

- 5 L'invention permet de concentrer une énergie acoustique en un emplacement donné. Cet emplacement peut par exemple être celui d'une cible fixe qu'on cherche à localiser ou à détruire. Ce dernier cas est celui de la lithotritie ou de la destruction d'une tumeur dans le corps. C'est aussi celui
10 de la destruction d'un engin explosif, tel qu'une mine.

- L'emplacement (ou un ensemble de tels emplacements) peut encore être situé sur une chaîne industrielle où sont successivement présentés des objets devant recevoir chacun une ou plusieurs impulsions d'énergie acoustique, intenses,
15 brèves et localisées.

- Elle permet également la communication entre une station et un récepteur placé à l'emplacement où se concentre l'énergie, avec une discrétion assurée par le caractère sélectif de la concentration d'énergie ; plusieurs récepteurs peuvent être prévus, au prix d'une distribution d'énergie.
20

- On connaît déjà des procédés d'examen d'un milieu pour y repérer des cibles réfléchissantes et/ou de destruction des cibles, utilisant le retournement temporel des signaux reçus par les transducteurs piezo-électriques d'un réseau, avant ré-émission (document EP-A-0 383 650).
25

De tels procédés effectuent une focalisation d'énergie sur une cible, c'est-à-dire une compression spatiale d'énergie.

- 30 La présente invention vise notamment à réaliser, en plus d'une compression spatiale par focalisation, une compression temporelle d'énergie.

Dans ce but, l'invention propose notamment un procédé suivant lequel :

- 35 a) on provoque l'émission, depuis l'emplacement où on souhaite concentrer de l'énergie, d'une

impulsion acoustique courte, ayant une première durée;

- 5 b) on recueille sur un réseau de transducteurs et on enregistre, pendant une seconde durée qui est supérieure d'au moins un ordre de grandeur à la première durée, les signaux acoustiques provenant dudit emplacement à travers un milieu multi-diffuseur ; et
- 10 c) on émet vers le milieu multi-diffuseur, à partir des dits transducteurs, des signaux de retour dérivés des signaux recueillis par inversion temporelle et amplification.

15 En général, on recherchera, au cours de l'étape (a), une impulsion de durée inférieure à dix périodes et de préférence cinq, de la période fondamentale en cas de transducteurs résonants.

20 La seconde durée est choisie pour correspondre à l'étalement des temps d'arrivée de l'énergie acoustique ayant parcouru le milieu multi-diffuseur par tous les chemins possibles au sein de ce milieu, du moins aussi longtemps que l'énergie transmise reste appréciable.

25 On entend par "milieu multi-diffuseur" un milieu délibérément placé entre l'emplacement-cible et le réseau de transducteurs, et dans lequel sont dispersés ou répartis des éléments réfléchissant ou diffusant individuellement l'énergie acoustique, avec une absorption faible, de nature à provoquer un étalement d'au moins un ordre de grandeur de la durée de l'impulsion initiale. Dans le cas d'une répartition quasi-aléatoire des éléments dans le volume du milieu

30 de propagation, on peut définir la nature d'un tel milieu multi-diffuseur par le libre parcours moyen \underline{l} des ondes acoustiques dans ce milieu, c'est-à-dire par la distance sur laquelle une onde plane initiale entrante perd complètement la mémoire de sa direction initiale. Ce libre parcours moyen

35 \underline{l} est égal à $1/n\sigma$ où n est la densité volumique des éléments diffuseurs et où σ est leur section efficace de diffusion.

Le libre parcours est d'autant plus petit que σ est grand, ce qui est obtenu lorsque la fréquence des ondes acoustiques est proche des fréquences de résonance des éléments. Ces éléments peuvent être de natures très diverses. Ils peuvent être notamment des tiges, paillettes, billes, bulles de gaz, particules réfléchissantes. Typiquement, la dimension moyenne a des particules est telle que $2\pi a/\lambda$ soit de l'ordre de l'unité, λ étant la longueur d'onde des ondes acoustiques émises, ou la longueur d'onde correspondant à la fréquence centrale du spectre émis.

Lorsqu'on recherche un étalement important de la durée d'une impulsion et un facteur de compression élevé, l'épaisseur e d'un tel milieu (longueur occupée entre l'emplacement-cible et le réseau) doit être supérieure au libre parcours moyen ; une épaisseur d'au moins cinq fois est souvent souhaitable.

Les éléments réfléchissants du milieu multi-diffuseur peuvent encore être répartis à la périphérie du milieu de propagation. Ils peuvent notamment consister en des discontinuités d'impédance entre le milieu de propagation et le milieu extérieur. Le milieu multi-diffuseur comporte alors un canal acoustique entre l'emplacement de concentration des ondes et les transducteurs, dont les parois réalisent par des réflexions multiples, l'étalement temporel de l'impulsion initiale, et le désétalement des ondes de retour.

Au cours de l'étape (b), l'enregistrement s'effectue pendant une fenêtre temporelle qui, notamment lorsqu'un signal acoustique est susceptible de provenir de plusieurs emplacements distincts, est choisi en fonction de l'emplacement sélectionné et de la nature du milieu.

On peut encore remarquer qu'en donnant au milieu multi-diffuseur une ouverture angulaire, vue de l'emplacement de concentration, nettement supérieure à l'ouverture angulaire du réseau, on obtient également une résolution de la tache de refocalisation beaucoup fine que dans le cas

d'un milieu homogène. Le milieu diffuseur agit, après retournement temporel, comme un émetteur dont l'ouverture angulaire, vue de l'emplacement, peut être très supérieure à l'ouverture angulaire sous laquelle est vu le réseau.

5 Le principe mis en oeuvre par l'invention ressort de ce qui précède. Les signaux acoustiques de retour (étape (c) ci-dessus) parcourent dans le milieu diffuseur des chemins inverses de ceux parcourus antérieurement, dans la mesure où le milieu n'évolue pas ou n'a qu'une évolution lente (typi-
10 quement avec des déplacements des diffuseurs n'entraînant pas une modification de la longueur des chemins de diffusion multiple de plus d'1/10 de la plus petite longueur d'onde pour laquelle le spectre émis présente une puissance appréciable) du fait du principe du retour inverse. L'onde
15 acoustique ré-émise subit toutes les diffusions et/ou réflexions multiples dans une chronologie inversée de celle de l'aller et reforme à la sortie du milieu l'onde acoustique initiale, constituée par une impulsion courte.

 Lorsque le milieu multi-diffuseur est, totalement ou
20 partiellement, entouré de surfaces réfléchissantes pour les ondes, toute l'énergie ré-émise est concentrée sur l'emplacement choisi pendant la durée de l'impulsion initiale, et on obtient un gain très supérieur au gain d'antenne classique dû à la focalisation, puisqu'il est multiplié par un
25 facteur de compression temporelle. Même avec des transducteurs de faible puissance ou des amplificateurs à faible gain, on peut concentrer des puissances élevées lorsque le milieu multi-diffuseur provoque un allongement important, qui peut être de l'ordre de 100 et davantage.

30 Un autre aspect de l'invention se rapporte à un dispositif de focalisation et de compression temporelle d'énergie acoustique en un emplacement, comprenant :

- des moyens pour provoquer l'émission d'une impulsion acoustique brève depuis ledit emplacement,
- 35 - un réseau de transducteurs,
- un milieu multi-diffuseur destiné à être interposé

entre le réseau de transducteurs et ledit emplacement, et agencé pour étaler temporellement ladite impulsion acoustique de façon à augmenter sa durée d'au moins un ordre de grandeur au niveau du réseau de transducteurs,

5 le réseau de transducteurs étant commandé pour émettre des signaux acoustiques obtenus par inversion temporelle et amplification de signaux acoustiques captés en réponse à l'émission de ladite impulsion.

*

10

* *

D'autres caractéristiques et avantages du premier aspect de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée suivante d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des
15 dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue en coupe d'une gare ferroviaire dans laquelle le procédé selon le premier aspect de l'invention peut être mis en oeuvre,

20

- la figure 2 est une vue de dessus de la gare ferroviaire de la figure 1,

- et la figure 3 est une vue schématique partielle montrant un exemple de dispositif de mise en oeuvre du procédé selon le premier aspect de l'invention.

25

*

* *

Par ailleurs, les caractéristiques exposées ci-dessus pour le deuxième aspect de l'invention, ainsi que d'autres, apparaîtront mieux à la lecture de la description
30 qui suit de modes particuliers de réalisation de ce deuxième aspect de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description de ce deuxième aspect de l'invention se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

35

- la figure 4 est un schéma de principe montrant les conditions d'un essai destiné à prouver la faisabilité du

procédé ;

- la figure 5 est un schéma d'un premier mode de réalisation ;

5 - les figures 6A à 6C montrent l'allure des signaux acoustiques ; et

- les figures 7 à 9 montrent trois variantes de réalisation.

*

* *

10 Premier aspect de l'invention

Dans l'exemple représenté sur les figures 1 à 3 pour illustrer le premier aspect de l'invention, l'espace à sonoriser est une gare ferroviaire 101 équipée d'un grand nombre de n de haut-parleurs 102, n étant un entier naturel
15 par exemple supérieur à 10.

Lorsque les haut-parleurs 102 émettent un signal sonore, par exemple un message d'information à l'attention des voyageurs 103, les ondes sonores qui en résultent parviennent aux voyageurs 103 avec des distorsions importantes qui sont dues à ce que ces ondes sonores subissent des trajets multiples et arrivent par conséquent de façon
20 incohérente aux oreilles des voyageurs 103.

Les trajets multiples en question suivis par les ondes sonores sont dus à ce que :

25 - d'une part chaque voyageur 103 reçoit des ondes sonores émises par plusieurs haut-parleurs 102, situés à des distances différentes les uns des autres par rapport à lui,

30 - et d'autre part, les ondes sonores émises par chaque haut-parleur 102 arrivent aux voyageurs 103 non seulement selon un trajet direct, mais également selon de multiples trajets indirects après une ou plusieurs réflexions sur des obstacles tels que par exemples les quais 104, les murs 105 ou le toit 106 de la gare.

35 Il en résulte que le message d'information, ou tout autre signal sonore émis par les haut-parleurs, est souvent peu compréhensible pour les voyageurs 103.

Afin de pallier cet inconvénient, selon l'invention, on procède tout d'abord à une opération de "calibration" acoustique de la gare 101, en déterminant la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ entre chaque haut-parleur i et chaque point j faisant partie d'un ensemble de points prédéterminés 107 dit "de calibration" répartis à l'intérieur de la gare 1.

Les points de calibration 107 sont de préférence situés sensiblement à hauteur d'homme, par exemple à une hauteur comprise entre 1,50 m et 1,75 m au-dessus du sol, et ils sont répartis dans les diverses parties de la gare 101 qui sont fréquentées par les voyageurs 103.

La réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ correspond au signal acoustique reçu au point j lorsque le haut-parleur i émet une courte impulsion acoustique (idéalement une impulsion de Dirac) ou inversement au signal acoustique reçu au niveau du haut-parleur i lorsqu'on émet au niveau du point j une courte impulsion acoustique (la réponse impulsionnelle est la même dans les deux sens de propagation).

Ces réponses impulsionnelles peuvent donc être mesurées relativement simplement, de préférence de nuit ou tout au moins à un moment où la gare 101 ne reçoit pas de public, en faisant émettre successivement par chaque haut-parleur 102 une courte impulsion acoustique, et en mesurant les signaux acoustiques reçus à la suite de cette impulsion au niveau des différents points de calibration 107, au moyen de micros 108 (figure 3) préalablement disposés aux points de calibration 107.

Dans l'exemple particulier représenté sur la figure 3, chaque haut-parleur 102 reçoit successivement d'un ordinateur 109 le signal impulsionnel à émettre, le ordinateur 109 étant relié, par exemple par une liaison en bus, à une pluralité de convertisseurs numériques-analogiques 110, chacun de ces convertisseurs numériques-analogiques étant relié à un haut-parleur 102 par l'intermédiaire d'un amplificateur 111, et chacun de ces convertisseurs numériques-analogiques 110 étant adressable et commandé

indépendamment par le calculateur 109, de façon que chaque haut-parleur 102 puisse émettre un signal indépendant des autres haut-parleurs.

Par ailleurs, les différents micros 108 situés au niveau des points de calibration 107 sont reliés chacun à un convertisseur analogique-numérique 112 par l'intermédiaire d'un amplificateur 113, les convertisseurs 112 pouvant être par exemple des convertisseurs adressables reliés en bus au calculateur 109, de façon que les signaux captés par les micros 108 puissent être mémorisés par le calculateur 109 pour chaque point de calibration 107.

Les réponses impulsionnelles $h_{ij}(t)$ ainsi mémorisées par le calculateur 109 sont ensuite inversées temporellement par ce calculateur, qui mémorise finalement les inversions temporelles des réponses impulsionnelles $h_{ij}(-t)$.

Une fois l'opération de calibration terminée, on démonte les différents micros 108 avec leurs convertisseurs 112 et leurs amplificateurs 113.

Par la suite, à chaque fois qu'il est nécessaire de sonoriser une ou plusieurs zones cibles appartenant à la gare 101, par exemple une zone cible 114 correspondant à un quai 104 particulier et/ou une zone cible 115 correspondant à tout ou partie du hall 116 de la gare, on fait émettre par chaque haut-parleur i de la gare un signal sonore

$$s_i(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S(t),$$

où :

- les indices j correspondent aux indices des points de calibration appartenant à la zone cible ou aux zones cibles considérées, chaque zone cible comprenant au moins un point de calibration 107 et de préférence plusieurs,

- a_j représente un coefficient de pondération prédéterminé qui peut éventuellement être utilisé pour privilégier certains points de calibration 107 correspondant à des zones particulièrement fréquentées par le public, ces coefficients de pondération pouvant être le plus souvent

tous égaux entre eux et généralement tous égaux à 1,

- $S(t)$ correspond à un signal porteur d'informations, ce signal pouvant être un message d'informations destiné aux voyageurs, une musique d'ambiance, la retransmission d'un programme radiodiffusé, ou autre,
5 - et le signe \otimes représente le produit de convolution.

On rappelle ici que le produit de convolution d'une fonction $f(t)$ par une fonction $g(t)$ vaut :

10
$$f(t) \otimes g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)g(t-\tau)d\tau.$$

La diffusion du signal sonore $S(t)$ est réalisée au moyen du calculateur 109, qui reçoit le signal $S(t)$ par l'intermédiaire d'au moins une voie d'entrée 117 comportant
15 par exemple un micro 118 ou une autre source envoyant le signal $S(t)$ vers le calculateur, un amplificateur 119 et un convertisseur analogique-numérique 120.

Le calculateur 109 est relié par ailleurs à une interface 121 comprenant par exemple un clavier et un écran
20 qui permet à un opérateur de choisir la zone cible 114, 115 dans laquelle il souhaite diffuser un message ou autre signal sonore.

Après avoir sélectionné la ou les zones cibles voulues au moyen de l'interface 121, l'opérateur peut alors
25 par exemple parler dans le micro 118 pour diffuser un message dans cette zone cible : ce message $S(t)$ est reçu par le calculateur 109, qui calcule les signaux $s_i(t)$ à faire émettre par chaque haut-parleur 102 et transmet ces signaux aux haut-parleurs 102 correspondants par l'intermédiaire des
30 convertisseurs numériques-analogiques 110 et des amplificateurs 111.

Eventuellement, il serait possible de ne faire émettre les signaux $s_i(t)$ que par certains des haut-parleurs de la gare 101, dits haut-parleurs actifs, par exemple les
35 haut-parleurs les plus voisins de la zone cible.

Le cas échéant, il serait même possible de sonoriser

simultanément plusieurs zones cibles en envoyant respectivement dans les différentes zones cibles des signaux acoustiques porteurs d'informations $S_k(t)$ différents.

5 Dans ce cas, chaque haut-parleur actif, c'est-à-dire en général chaque haut-parleur de la gare 101, émet un signal acoustique $s_{i,k}(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S_k(t)$.

10 Le cas échéant, le procédé selon l'invention peut également être utilisé pour envoyer un message particulièrement clair et éventuellement particulièrement fort à un individu donné 122 (figure 2) ou à un groupe donné d'individus.

15 Il peut s'agir par exemple d'un message de service destiné à un employé particulier, ou encore d'un message dissuasif destiné à un individu en train de commettre une infraction ou une imprudence.

20 Pour cela, l'opérateur repère la position de l'individu 122 ou du groupe d'individus destinataire du message, ce repérage pouvant être effectué par vision directe ou encore indirectement en visionnant un ou plusieurs écrans de contrôle reliés à une ou plusieurs caméras de surveillance.

25 Ce repérage étant effectué, l'opérateur indique la position de l'individu 122 au calculateur 109 par l'intermédiaire de l'interface 121, après quoi le calculateur 109 détermine automatiquement une zone cible 123 de taille réduite, contenant l'individu 122 et au moins un point de calibration 107, puis l'opérateur diffuse vers l'individu 30 122 son message dissuasif.

35 Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs de ce qui précède, le premier aspect de l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation particulier qui vient d'être décrit ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes, notamment celles dans lesquelles :

- l'espace à sonoriser serait autre qu'une gare ferroviaire, par exemple un aéroport, une station de métro,

une gare routière, une piscine, un stade, une plage, un musée (auquel cas les zones cibles peuvent correspondre à des zones situées au voisinage des différentes oeuvres d'art dans une même salle, ces zones cibles pouvant éventuellement être matérialisées par des lignes tracées au sol ou similaires, et des commentaires sonores différents pouvant éventuellement être diffusés simultanément respectivement dans ces différentes zones cibles), un espace appartenant à un parc d'attractions (auquel cas le fait de pouvoir faire entendre des sons uniquement dans certaines zones particulières de cet espace peut être utilisé notamment à titre de jeu), les salles de spectacles, et de façon plus générale, tout lieu recevant du public ou encore tout lieu privé perturbant la propagation des ondes acoustiques par des réflexions ou diffusions multiples,

- l'invention serait utilisée pour écouter un programme sonore de haute fidélité, la zone cible correspondant alors à un espace où doit se placer l'auditeur pour écouter le programme sonore en question,

- le nombre n de haut-parleurs serait inférieur à 10, par exemple égal à 1 (notamment lorsque l'espace à sonoriser comporte de multiples obstacles réverbérant particulièrement bien les ondes acoustiques), ou égal à 2,

- le signal $S(t)$ ne serait pas un signal acoustique compréhensible par l'oreille humaine, mais un signal codé destiné à être reçu et décodé par un dispositif de réception automatique,

- le signal acoustique $S(t)$ ne serait pas sonore, mais ultrasonore ou infrasonore,

- et les réponses impulsionnelles $h_{ij}(t)$ seraient déterminées autrement qu'en faisant émettre des signaux acoustiques impulsionnels, par exemple en faisant émettre successivement aux différents haut-parleurs 102 un signal acoustique modulé de façon prédéterminée, ou encore en faisant émettre aux haut-parleurs 102 des suites de signaux acoustiques prédéterminés, d'où l'on peut déduire la réponse

impulsionnelle $h_{ij}(t)$ par des méthodes de calcul connues en soi, explicitées par exemple dans la demande de brevet français n° 96 05102 du 23 avril 1996 pour le calcul des réponses impulsionnelles dans le domaine des ondes radio.

5

*

* *

Deuxième aspect de l'invention

Pour faire apparaître l'intérêt du deuxième aspect de l'invention, on donnera tout d'abord les résultats d'essais effectués en utilisant, comme milieu multi-diffuseur, des tiges métalliques parallèles réparties de façon quasi aléatoire et ayant un diamètre de l'ordre de la longueur d'onde λ de l'énergie acoustique. La figure 4 montre le milieu multi-diffuseur 10 interposé entre une source 12, qui constitue une cible située à un emplacement où s'effectuera la concentration, et un réseau de transducteurs 14 émetteurs-récepteurs, reliés à un circuit 16 ayant autant de voies d'émission-réception qu'il y a de transducteurs. Ce circuit 16 a une constitution du genre déjà décrit dans les documents EP-A-0 383 650 et EP-A-0 591 061.

Les essais ont été effectués avec une cible 12 constituée par un hydrophone muni d'un circuit d'excitation 18 et capable d'émettre des impulsions brèves, de 1 microseconde, avec une fréquence centrale de 3 MHz. Le milieu multi-diffuseur 10 est constitué de tiges de 0,5 mm de longueur, avec un espacement moyen de l'ordre de 2 mm. L'épaisseur e du milieu était de 45 mm. Le libre parcours moyen, pour la longueur d'onde considérée, était d'environ $l = 7$ mm. La largeur w était de l'ordre de 120 mm.

L'onde acoustique sphérique émise par la cible 12, dont la partie émettrice avait un diamètre de l'ordre de 0,5 mm, subit des diffusions multiples, sans dissipation notable du fait de la réflectivité du métal. Le réseau de transducteurs 14 comportait 48 transducteurs et le circuit associé 16 était prévu pour enregistrer les signaux individuels sur des durées d'environ 100 microsecondes, correspondant à

l'étalement des temps d'arrivée des ondes acoustiques ayant parcouru le milieu multi-diffuseur par tous les chemins possibles.

5 Le circuit 16 comportait, pour chaque voie, un convertisseur analogique-numérique, une mémoire organisée en file d'attente et des moyens de lecture avec une chronologie inversée et d'amplification.

10 Une mesure des caractéristiques de l'onde de retour ayant traversé le milieu 10 a montré que le faisceau se refocalise sur une zone ayant une largeur, à - 6 dB, sensiblement égale à $\lambda F/w$, F étant la distance entre le plan de sortie du milieu multi-diffuseur et la cible. Cette tache focale est plus fine qu'elle ne l'aurait été en l'absence du milieu multi-diffuseur. Ce dernier présente en effet une
15 ouverture angulaire, vue de la cible, beaucoup plus élevée que le réseau de transducteurs 14.

Le dispositif schématiquement illustré sur la figure 5 (où les organes correspondant à ceux déjà montrés en figure 4 sont désignés par le même numéro de référence) est
20 destiné à concentrer, sur une cible passive 12, une impulsion brève et intense, avec des moyens d'émission de faible puissance.

Dans ce cas encore, un milieu multi-diffuseur 10 est interposé entre le réseau de transducteurs piézo-électriques
25 14 et la cible 12. Les transducteurs 14, ou au moins certains d'entre eux, sont prévus pour envoyer sur la cible 12, qui est réfléchissante, une impulsion brève à la fréquence des ondes acoustiques à concentrer. Il est également possible d'utiliser des transducteurs différents
30 pour la première illumination (étape (a) ci-dessus) et pour la réception et la ré-émission (étapes (b) et (c)). Dans le milieu multi-diffuseur 10 est ménagée une ouverture 20 de dimension suffisante pour permettre le passage d'un tir d'illumination bref, sans diffusion. La cible illuminée
35 renvoie, vers le milieu multi-diffuseur 10 et le réseau de transducteurs 14, l'onde qui est ensuite retournée tempo-

rellement. L'onde reçue et réfléchiée par la cible 12 peut avoir la variation dans le temps montrée schématiquement en figure 6A. Ce type de signal, de quelques périodes fondamentales et à bande large, peut notamment être obtenu à l'aide
5 de transducteurs en technologie composite. Le signal d'écho reçu par un transducteur particulier aura alors, du fait qu'une partie au moins de l'énergie réfléchiée a subi la multi-diffusion, une allure qui est par exemple celle montrée sur la figure 6B.

10 Pour réduire les pertes d'énergie acoustique, des moyens tels que des miroirs 22 peuvent être disposés autour du milieu multi-diffuseur 10, de façon à réduire les ré-émissions d'énergie acoustique vers des directions autres que celle de la cible et/ou à constituer un canal acousti-
15 que.

Dans une variante simplifiée de réalisation, le signal retourné par chaque transducteur 14 n'est pas obtenu par amplification analogique du signal retourné, mais par retour d'un signal constitué d'impulsions alternativement
20 positives et négatives, ayant chacune la même durée et le même signe que l'alternance correspondante (figure 6C).

Dans la variante de réalisation montrée en figure 4, le milieu multi-diffuseur 10 est placé à l'opposé de la cible 12 par rapport au réseau de transducteurs 14. Dans ce
25 cas, la première illumination est effectuée par un émetteur supplémentaire 24 (suivant la direction f_0 de la figure 7). L'énergie acoustique réfléchiée par la cible 12 traverse deux fois le milieu 10, avec une réflexion intermédiaire sur un miroir 26, comme indiqué par la flèche f_1 . Le réseau 14 ré-
30 émet lui aussi vers le miroir 26 (flèche f_2).

Dans un autre cas encore, on cherche à concentrer de l'énergie dans une zone déterminée de l'espace, constituant cible, qu'on a préalablement sélectionnée. Dans ce cas, l'étape (a) peut n'être effectuée qu'au cours d'une phase
35 d'étalonnage. Ultérieurement, la concentration d'énergie s'effectue en répétant l'étape (c).

5 Ce dernier mode d'exécution permet notamment de transmettre des messages qui ne pourront être reçus avec une puissance élevée et de façon intelligible que dans une zone bien déterminée. Le milieu multi-diffuseur doit alors être complètement stationnaire.

10 Dans ce cas, si l'onde acoustique reçue au cours de l'étape (b) par un transducteur i est représentable par $e_i(t)$ et le message à transmettre est de la forme $s(t)$, l'amplificateur prévu sur la voie associée au transducteur i sera prévu pour que l'émission par le transducteur soit de la forme $e_i(\tau-t) \otimes s(t)$, τ étant un retard fixe, identique pour tous les transducteurs. La démodulation s'effectuera de façon classique, quelle que soit la modulation du signal $s(t)$.

15 Pour la transmission sous-marine, par exemple à partir d'un bâtiment ou d'un robot sous-marin, le réseau de transducteurs peut être dépointé par rapport à la cible et orienté vers une paroi du canal acoustique sous-marin, comme la surface ou le fond.

20 Dans les variantes de réalisation des figures 8 et 9, le milieu multi-diffuseur 30 ne comporte pas d'éléments répartis aléatoirement dans le volume du milieu de propagation, mais seulement des éléments réfléchissants répartis à sa surface, définissant ainsi un canal ou guide d'onde acoustique. Le réseau de transducteurs 14 est placé à une extrémité de ce guide d'onde.

25 Dans le cas de la figure 8, la source d'étalonnage 12 est placée à l'autre extrémité du guide d'onde 30. Les nombreuses réflexions sur la paroi réfléchissante étalent la durée de l'impulsion initiale au niveau du réseau 14, et compriment inversement cette durée lors de la réémission focalisée vers l'emplacement initialement occupé par la source d'étalonnage.

30 Dans le cas de la figure 9, un transducteur 24 est placé près de l'extrémité du guide d'onde 30 pour illuminer la cible réfléchissante 12 en direction opposée au guide 30

lors de l'étape initiale. Le transducteur 24 peut être fixé au moyen d'une monture n'entravant pas la propagation des ondes, telle que trois fils orientés radialement par rapport à l'axe du guide, à 120° les uns des autres. La partie du
5 bref faisceau d'illumination renvoyée par la cible 12 vers le guide 30 subit alors les réflexions multiples qui étalent sa durée. Après retournement temporel et amplification, l'énergie se concentrera sur la cible réfléchissante 12 si elle ne s'est pas trop déplacée.

10 On ne décrira pas ici de façon complète des transducteurs et un circuit associé permettant de mettre en oeuvre les procédés ci-dessus mentionnés. En effet, la constitution des circuits peut être similaire à celle déjà
15 donnée dans les demandes de brevet antérieures précédemment mentionnées. Il est seulement nécessaire que les mémoires organisées en file d'attente destinées à enregistrer le signal complexe reçu par les transducteurs 14 aient une capacité suffisante. La capacité de ces mémoires devra
20 encore être augmentée si on souhaite stocker les formes d'ondes préalablement enregistrées relativement à plusieurs emplacements distincts, ultérieurement sélectionnables à volonté dans les phases de réémission. Le gain des amplifi-
25 cateurs prévus sur chaque voie de transducteurs sera, pour une puissance donnée à concentrer, fonction de l'étalement temporel réalisé par le milieu multi-diffuseur 10.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour sonoriser un espace (101) perturbant la propagation des ondes acoustiques, afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques au moyen d'un nombre n de haut-parleurs (102), n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comportant des étapes de sonorisation au cours desquelles on transmet au moins un signal acoustique $S(t)$ porteur d'informations dans au moins une zone (114, 115, 123), dite "zone cible", qui appartient à l'espace à sonoriser (101), cette transmission étant réalisée en faisant émettre des signaux acoustiques $s_i(t)$ par au moins un sous-ensemble de haut-parleurs (102) dits "actifs", lequel sous-ensemble comporte au moins un haut-parleur choisi parmi les n haut-parleurs susmentionnés,

caractérisé en ce qu'au cours de chaque étape de sonorisation, chaque haut-parleur actif i émet un signal

$$s_i(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S(t),$$

où :

- . $h_{ij}(-t)$ représente l'inversion temporelle de la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$, préalablement déterminée et mémorisée, entre le haut-parleur i et un point j prédéterminé dit "de calibration" (107) appartenant à la zone cible (114, 115, 123), la zone cible comprenant un nombre p de points de calibration, p étant un entier naturel au moins égal à 1, la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ correspondant au signal acoustique reçu au point j lorsque le haut-parleur i émet une courte impulsion acoustique,
- . et les coefficients a_j sont des coefficients de pondération prédéterminés.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les coefficients de pondération a_j sont tous égaux à 1.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel le sous-ensemble de haut-parleurs actifs

(102) comprend tous les haut-parleurs de l'espace à sonoriser (101).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel le nombre p de points de calibration (107) de la zone cible (114, 115) est au moins égal à 2.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le nombre n de haut-parleurs (102) est au moins égal à 2.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le signal $S(t)$ correspond au moins en partie à un signal sonore choisi parmi les signaux représentatifs de la voix humaine et les signaux représentatifs de morceaux musicaux.

7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'espace à sonoriser (101) est un lieu recevant du public, et les signaux $S(t)$ correspondent au moins en partie à des messages d'information du public.

8. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, au cours d'au moins certaines des étapes de sonorisation, on sonorise simultanément un nombre q de zones cibles (114, 115, 123), où q est un entier naturel au moins égal à 2, chaque haut-parleur actif i émettant alors la superposition de q signaux acoustiques

$$s_{i,k}(t) = \sum_j a_{ij} \cdot h_{ij}(-t) \otimes S_k(t), \text{ où } k \text{ est un entier}$$

naturel compris entre 1 et q correspondant à chaque zone cible, $S_k(t)$ représentant le signal acoustique porteur d'informations destiné à être diffusé dans la zone cible d'indice k .

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la zone cible (123) considérée dans au moins certaines des étapes de sonorisation est une zone la plus réduite possible comprenant au moins un point de calibration (107) et dans laquelle se trouve au moins une personne (122) destinataire d'un message vocal représenté par le signal $S(t)$.

10. Dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour sonoriser un espace (101) perturbant la propagation des ondes acoustiques, ce dispositif comportant :

5 - un nombre n de haut-parleurs (102) répartis à l'intérieur dudit espace, n étant un entier naturel au moins égal à 1,

 - au moins une voie d'entrée (117) pour recevoir un signal $S(t)$ porteur d'informations à transmettre sous forme
10 d'ondes acoustiques dans au moins une zone (114, 115, 123), dite zone cible, qui appartient à l'espace à sonoriser, cette transmission étant réalisée en faisant émettre des signaux acoustiques $s_i(t)$ par au moins un sous-ensemble de haut-parleurs (102) dits actifs, lequel sous-ensemble
15 comporte au moins un haut-parleur choisi parmi les n haut-parleurs susmentionnés,

 - un système de traitement de signal (109) pour déterminer chaque signal $s_i(t)$ par la formule :

20 $s_i(t) = \sum_j a_j \cdot h_{ij}(-t) \otimes S(t)$, où :

 . $h_{ij}(-t)$ représente l'inversion temporelle de la réponse
impulsionnelle $h_{ij}(t)$, préalablement déterminée et mémorisée, entre un haut-parleur actif i et un point j prédéterminé dit
25 "de calibration" appartenant à la zone cible, la zone cible (114, 115, 123) comprenant un nombre p de points de calibration (107), p étant un entier naturel au moins égal à 1, et la réponse impulsionnelle $h_{ij}(t)$ correspondant au signal acoustique reçu au point j lorsque le haut-parleur i émet une courte impulsion acoustique,

30 . et les coefficients a_j sont des coefficients de pondération prédéterminés,

le système de traitement de signal (109) étant relié à la voie d'entrée pour recevoir le signal $S(t)$ et aux différents haut-parleurs (102) pour leur transmettre respectivement les
35 signaux $s_i(t)$.

11. Dispositif selon la revendication 10, comportant

en outre des moyens (121) pour sélectionner la zone cible au sein de l'espace à sonoriser.

12. Procédé de focalisation et de compression temporelle d'énergie acoustique en au moins un emplacement, suivant lequel :

- a) on provoque l'émission depuis ledit emplacement (12) d'une impulsion acoustique courte, de première durée,
- b) on recueille sur un réseau de transducteurs (14) et on enregistre, pendant une seconde durée, supérieure d'au moins un ordre de grandeur à la première durée, les signaux acoustiques provenant dudit emplacement à travers un milieu multi-diffuseur (10;30) ; et
- c) on émet vers le milieu multi-diffuseur, à partir des dits transducteurs (14), des signaux de retour obtenus par inversion temporelle et amplification de ceux recueillis pendant la seconde durée.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'on donne, au milieu multi-diffuseur (10;30), une ouverture angulaire, vue dudit emplacement (12), supérieure à l'ouverture angulaire du réseau (14).

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'on amplifie les signaux inversés temporellement avec un gain fonction croissante du retard d'arrivée sur les transducteurs.

15. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que les signaux de retour au cours de l'étape (c) sont d'amplitude constante et ont le signe des signaux enregistrés.

16. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'on module les signaux de retour par un message à transmettre.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, caractérisé en ce que l'on effectue une seule

fois les étapes (a) et (b) au cours d'une phase d'étalonnage et en ce qu'on émet des signaux de retour de façon répétitive, le milieu multi-diffuseur (10;30) étant stationnaire.

5 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, caractérisé en ce que le milieu multi-diffuseur (10) comporte une ouverture (20), et en ce que l'étape (a) comporte l'émission depuis le réseau de transducteurs (14) d'un faisceau d'illumination à travers l'ouverture du milieu multi-diffuseur, et la réflexion du
10 faisceau d'illumination par une cible réfléchissante (12) définissant ledit emplacement.

15 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, caractérisé en ce que l'étape (a) comporte l'émission depuis un transducteur (24) n'appartenant pas au réseau (14) d'un faisceau d'illumination, et la réflexion du faisceau d'illumination par une cible réfléchissante (12) définissant ledit emplacement.

20 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 19, caractérisé en ce que ledit milieu multi-diffuseur comprend un milieu de propagation et des éléments réfléchissants répartis.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que les éléments réfléchissants sont répartis dans le volume du milieu de propagation.

25 22. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que les éléments réfléchissants sont répartis à la périphérie du milieu de propagation.

30 23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que les éléments réfléchissants sont constitués par des discontinuités d'impédance acoustique entre le milieu de propagation et le milieu extérieur.

24. Dispositif de focalisation et de compression temporelle d'énergie acoustique en un emplacement, comprenant :

35 - des moyens (18;24) pour provoquer l'émission d'une impulsion acoustique brève depuis ledit emplacement (12) ;

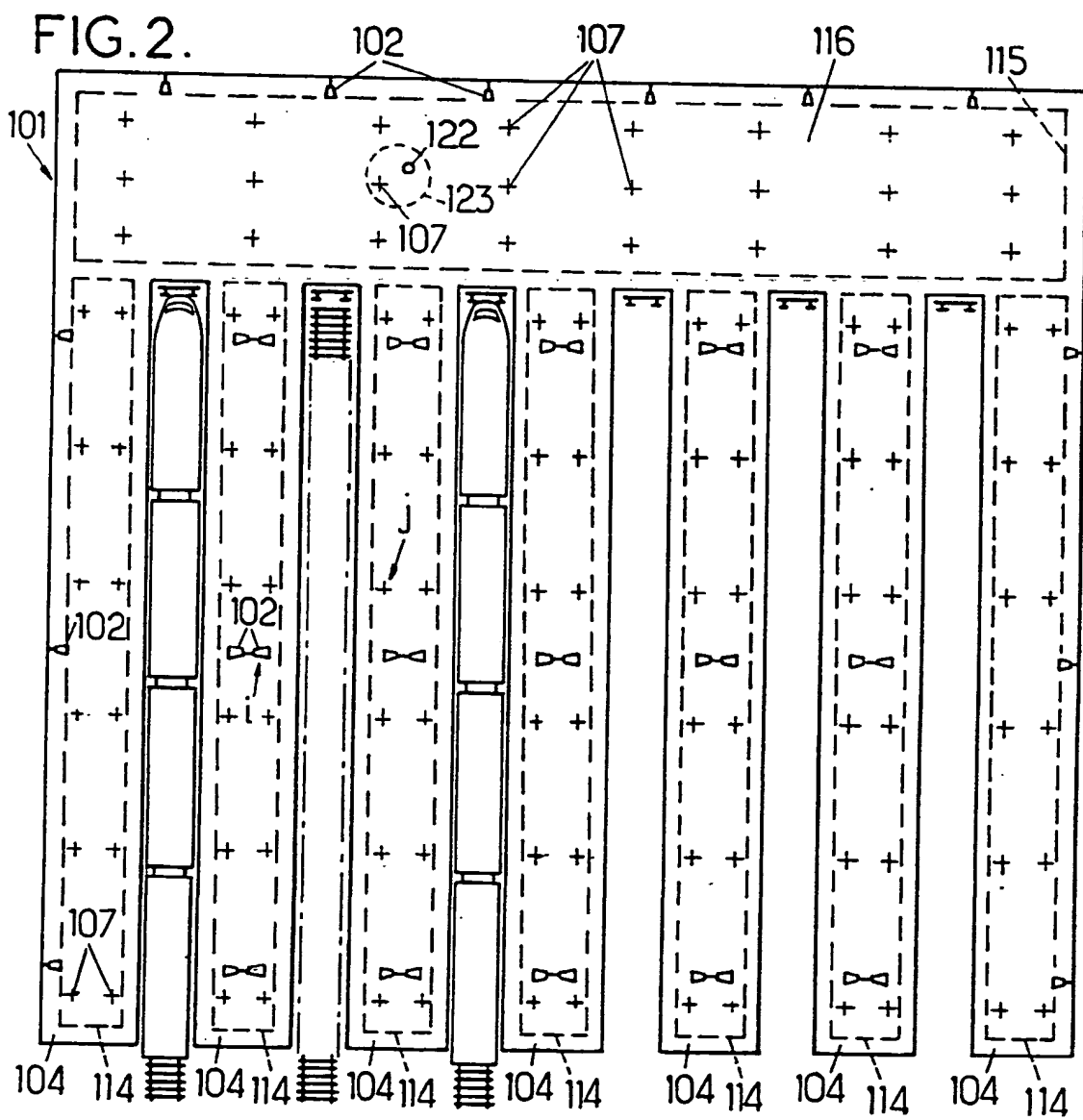
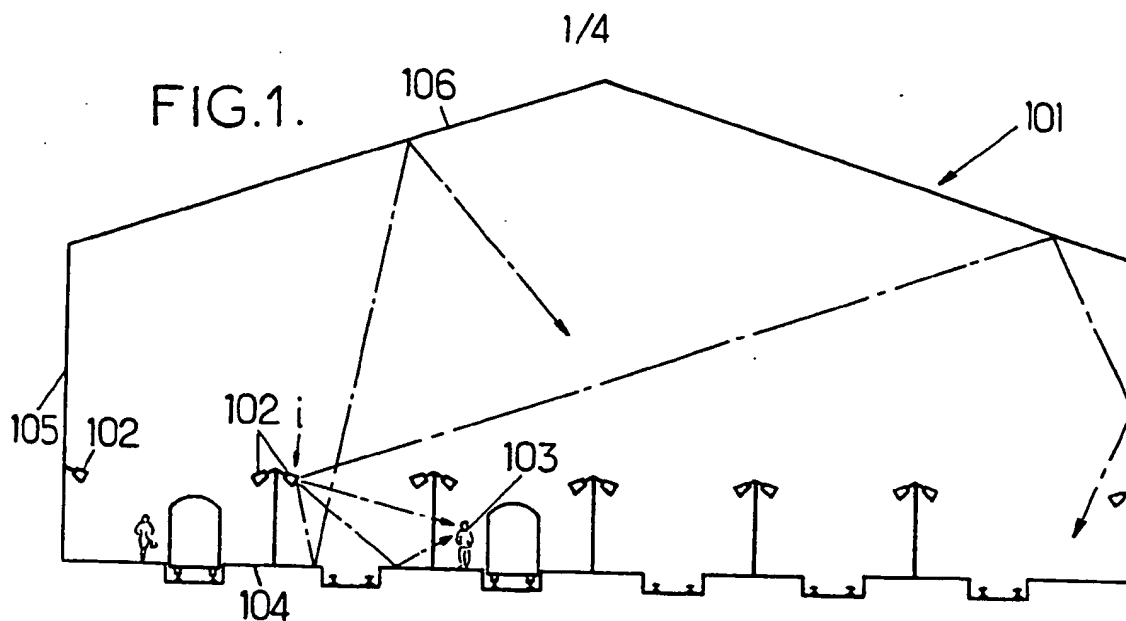
- un réseau de transducteurs (14) ;

5 - un milieu multi-diffuseur (10;30) destiné à être
interposé entre le réseau de transducteurs et ledit emplace-
ment, et agencé pour étaler temporellement ladite impulsion
acoustique de façon à augmenter sa durée d'au moins un ordre
de grandeur au niveau du réseau de transducteurs, le réseau
de transducteurs étant commandé pour émettre des signaux
acoustiques obtenus par inversion temporelle et amplifica-
10 tion de signaux acoustiques captés en réponse à l'émission
de ladite impulsion.

25. Dispositif selon la revendication 24, caracté-
risé en ce que l'épaisseur du milieu multi-diffuseur (10)
est sensiblement supérieure au libre parcours moyen des
ondes dans ce milieu.

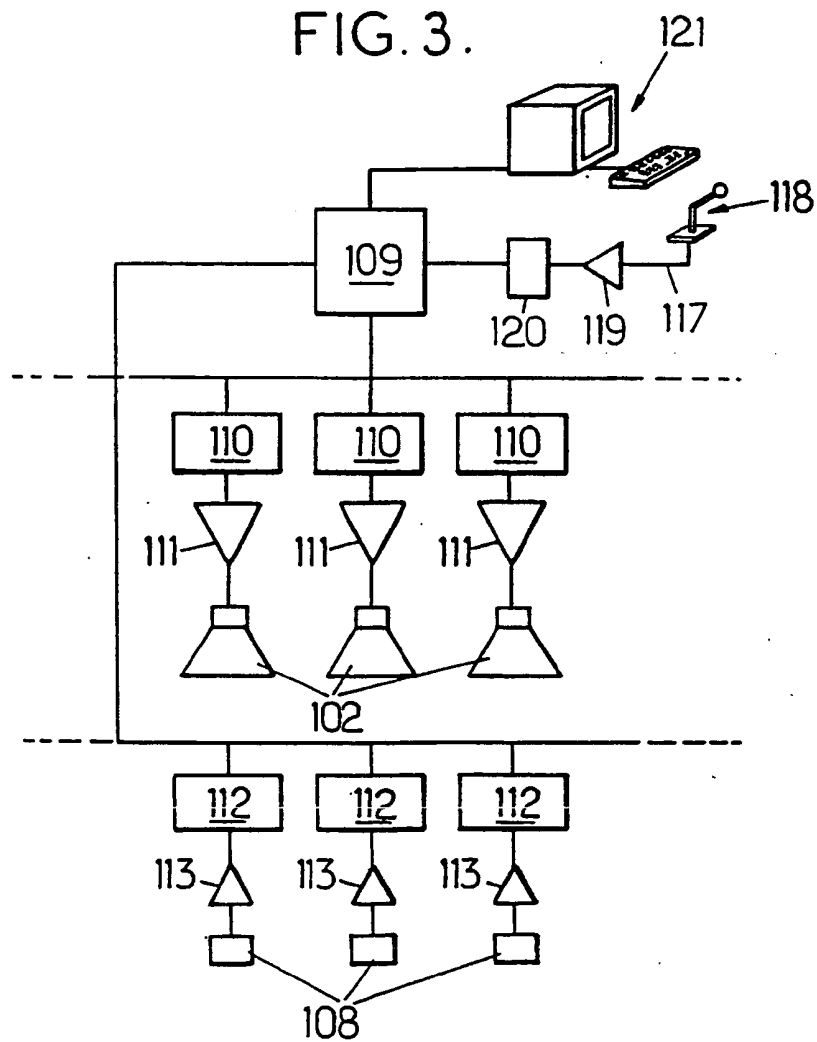
15 26. Dispositif selon la revendication 24 ou 25,
caractérisé en ce qu'il comporte de plus des moyens définis-
sant un canal acoustique.

20 27. Dispositif selon la revendication 26, caracté-
risé en ce que le réseau de transducteurs est orienté vers
une paroi du canal acoustique.

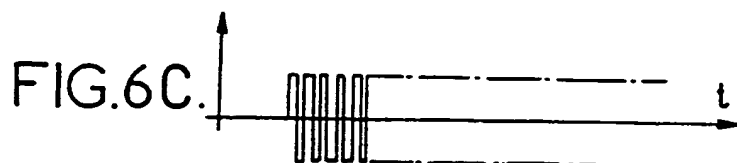
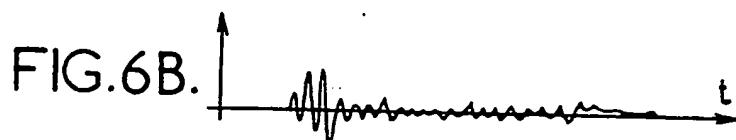
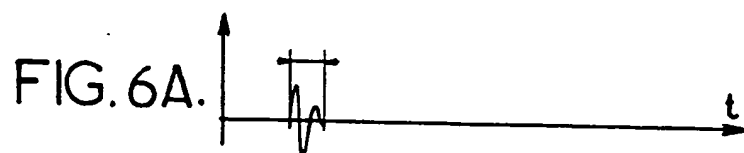
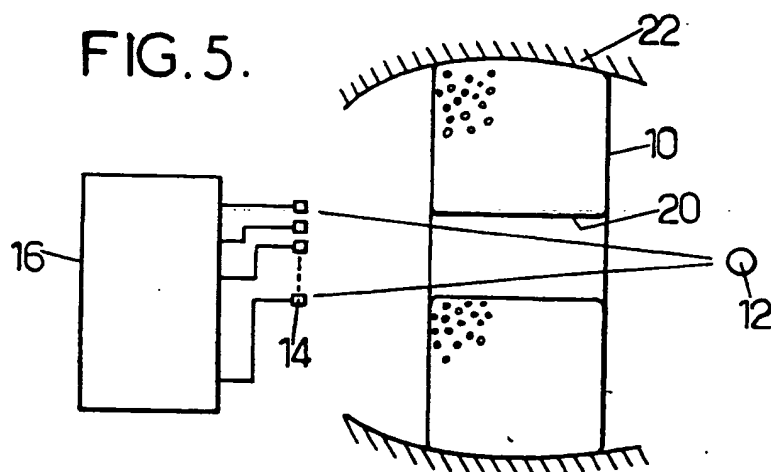
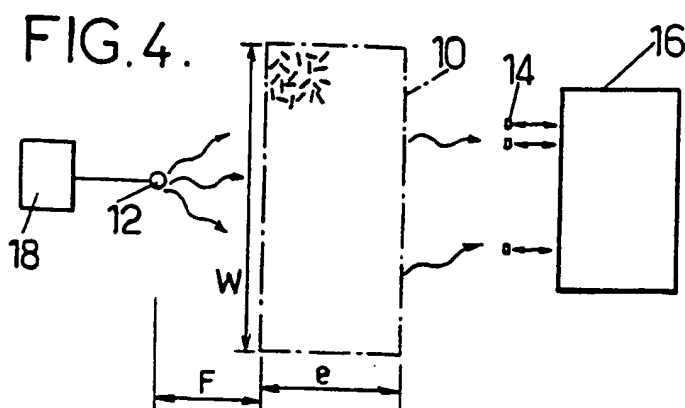


2/4

FIG. 3.



3/4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No
PCT/FR 96/01083A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G10K11/34 H04R27/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G10K H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 90, no. 2 PART 01, 1 August 1991, pages 1119-1129, XP000222986 PRADA C ET AL: "THE ITERATIVE TIME REVERSAL MIRROR: A SOLUTION TO SELF-FOCUSING IN THE PULSE ECHO MODE"	12-14
Y	* Introduction* see figures 3,6 see page 1125, column 1, line 1 - column 2, line 3; figure 7B --- -/--	15,16

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 October 1996

Date of mailing of the international search report

0 6. 11. 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

de Heering, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/FR 96/01083

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, vol. 39, no. 5, 1 September 1992, pages 555-566, XP000306730 FINK M: "TIME REVERSAL OF ULTRASONIC FIELDS- PART I: BASIC PRINCIPLES" see abstract ---	12
Y	EP,A,0 591 061 (UNIV PARIS VII) 6 April 1994 see figure 14 ---	15
Y	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 94, no. 3, PART 01, 1 September 1993, pages 1716-1718, XP000398770 DOWLING D R: "PHASE-CONJUGATE ARRAY FOCUSING IN A MOVING MEDIUM" see page 1716, column 1, paragraph 2 ---	16
A	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 91, no. 6, June 1992, pages 3257-3277, XP002016806 D. R. DOWLING ET AL.: "Narrow-band performance of phase-conjugate arrays in dynamic random media" see abstract see page 3258, column 2, line 2 - line 6 ---	12,16
X	PROCEEDINGS OF THE ULTRASONICS SYMPOSIUM, CANNES, NOV. 1 - 4, 1994, vol. 3, 1 November 1994, LEVY M;SCHNEIDER S C; MCAVOY B R (EDS), pages 1629-1638, XP000525109 FINK M ET AL: "PHASE ABERRATION CORRECTION WITH ULTRASONIC TIME REVERSAL MIRRORS" see abstract see paragraph 2.1; figure 7 ---	1-3
A	EP,A,0 601 934 (DECAUX JEAN CLAUDE) 15 June 1994 see abstract; claims 1,7,8; figure 1 ---	1
A	US,A,5 327 496 (RUSSELL STEVE F ET AL) 5 July 1994 see abstract ---	1,6-8

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 96/01083

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 93, no. 5, 1 May 1993, pages 2764-2778, XP000361413 BERKHOUT A J ET AL: "ACOUSTIC CONTROL BY WAVE FIELD SYNTHESIS" see the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Patent Application No

PCT/FR 96/01083

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP-A-0591061	06-04-94	FR-A-	2696573	08-04-94
		CA-A-	2107525	03-04-94
		EP-A-	0615625	21-09-94
		WO-A-	9408253	14-04-94
		IL-A-	107159	14-05-96
		JP-A-	6341978	13-12-94
		US-A-	5428999	04-07-95

EP-A-0601934	15-06-94	FR-A-	2699205	17-06-94
		AU-B-	669020	23-05-96
		AU-A-	5230293	23-06-94
		BR-A-	9305018	14-06-94
		CA-A-	2110763	12-06-94
		CN-A-	1092128	14-09-94
		FI-A-	935515	12-06-94
		IL-A-	107919	23-07-96
		JP-A-	6236191	23-08-94
		NO-A-	934511	13-06-94
		PL-A-	301416	13-06-94
		US-A-	5438624	01-08-95

US-A-5327496	05-07-94	WO-A-	9501681	12-01-95

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem: Internationale No
PCT/FR 96/01083

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G10K11/34 H04R27/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 G10K H04R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 90, no. 2 PART 01, 1 Août 1991, pages 1119-1129, XP000222986 PRADA C ET AL: "THE ITERATIVE TIME REVERSAL MIRROR: A SOLUTION TO SELF-FOCUSING IN THE PULSE ECHO MODE"	12-14
Y	* Introduction* voir figures 3,6 voir page 1125, colonne 1, ligne 1 - colonne 2, ligne 3; figure 7B --- -/--	15,16

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 Octobre 1996

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06.11.96

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

de Heering, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Doc : Internationale No
PCT/FR 96/01083

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, vol. 39, no. 5, 1 Septembre 1992, pages 555-566, XP000306730 FINK M: "TIME REVERSAL OF ULTRASONIC FIELDS- PART I: BASIC PRINCIPLES" voir abrégé	12
Y	--- EP,A,0 591 061 (UNIV PARIS VII) 6 Avril 1994 voir figure 14	15
Y	--- JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 94, no. 3, PART 01, 1 Septembre 1993, pages 1716-1718, XP000398770 DOWLING D R: "PHASE-CONJUGATE ARRAY FOCUSING IN A MOVING MEDIUM" voir page 1716, colonne 1, alinéa 2	16
A	--- JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 91, no. 6, Juin 1992, pages 3257-3277, XP002016806 D. R. DOWLING ET AL.: "Narrow-band performance of phase-conjugate arrays in dynamic random media" voir abrégé voir page 3258, colonne 2, ligne 2 - ligne 6	12,16
X	--- PROCEEDINGS OF THE ULTRASONICS SYMPOSIUM, CANNES, NOV. 1 - 4, 1994, vol. 3, 1 Novembre 1994, LEVY M;SCHNEIDER S C; MCAVOY B R (EDS), pages 1629-1638, XP000525109 FINK M ET AL: "PHASE ABERRATION CORRECTION WITH ULTRASONIC TIME REVERSAL MIRRORS" voir abrégé voir alinéa 2.1; figure 7	1-3
A	--- EP,A,0 601 934 (DECAUX JEAN CLAUDE) 15 Juin 1994 voir abrégé; revendications 1,7,8; figure 1	1
A	--- US,A,5 327 496 (RUSSELL STEVE F ET AL) 5 Juillet 1994 voir abrégé	1,6-8
	--- -/--	

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (juillet 1992)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der. : Internationale No
PCT/FR 96/01083

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, vol. 93, no. 5, 1 Mai 1993, pages 2764-2778, XP000361413 BERKHOUT A J ET AL: "ACOUSTIC CONTROL BY WAVE FIELD SYNTHESIS" voir le document en entier -----</p>	1-8

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (juillet 1992)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De: e Internationale No

PCT/FR 96/01083

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP-A-0591061	06-04-94	FR-A-	2696573	08-04-94
		CA-A-	2107525	03-04-94
		EP-A-	0615625	21-09-94
		WO-A-	9408253	14-04-94
		IL-A-	107159	14-05-96
		JP-A-	6341978	13-12-94
		US-A-	5428999	04-07-95

EP-A-0601934	15-06-94	FR-A-	2699205	17-06-94
		AU-B-	669020	23-05-96
		AU-A-	5230293	23-06-94
		BR-A-	9305018	14-06-94
		CA-A-	2110763	12-06-94
		CN-A-	1092128	14-09-94
		FI-A-	935515	12-06-94
		IL-A-	107919	23-07-96
		JP-A-	6236191	23-08-94
		NO-A-	934511	13-06-94
		PL-A-	301416	13-06-94
		US-A-	5438624	01-08-95

US-A-5327496	05-07-94	WO-A-	9501681	12-01-95

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (juillet 1992)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)